

MAO

maquinaria agrícola

vida
Rural
suplemento

Nº 206 • 1 de abril 2005

Año XII • 5/2005

ESPECIAL:
FIMA 2005

Prueba de campo:
Deutz-Fahr Agrotron
TTV 1160 DT



Al volante:
Comportamiento
del modelo TS 135 A
de New Holland

Balance positivo
en las **inscripciones**
de maquinaria
de 2004



Mecanización del cultivo de forrajes

F. JAVIER GARCÍA RAMOS Y BELÉN DIEZMA IGLESIAS.
Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza.

En este artículo se recogen las máquinas más apropiadas y sus capacidades de trabajo en las labores de preparación del suelo, siembra, fertilización, protección del cultivo, recolección, siega, acondicionado, hilerado y transporte de las principales forrajeras cultivadas en España, así como los criterios de elección en función de la capacidad de trabajo y un ejemplo con costes de instalación del cultivo el año de implantación

Labores de implantación y mantenimiento

Las labores de preparación del suelo, siembra, fertilización y protección del cultivo, así como la maquinaria para su realización, son operaciones comunes a otros cultivos y las máquinas utilizadas son habituales en cualquier explotación agrícola. Por tanto, en este apartado simplemente se describen las características básicas de dichas

Los cultivos forrajeros han alcanzado una importancia relevante en la agricultura española. Dicha importancia se basa en la existencia de una demanda sostenida por parte de los mercados, apoyada en una elevada calidad del producto. Básicamente, en el ámbito de la agricultura española, los tres cultivos forrajeros más importantes tanto en superficie como en producción son, por este orden, la alfalfa, el maíz forrajero y la veza para forraje. En el **cuadro I** se indican las superficies y producciones de estos tres cultivos en España durante el año 2004.

Con relación a la ubicación geográfica de la producción de forrajes en España, el 73% de la alfalfa se cultiva en Aragón, Castilla y León y Castilla-La Mancha. El maíz forrajero se cultiva principalmente (75% del total) en Galicia, Castilla y León y

Asturias, mientras que el 75% de la veza se cultiva en Castilla y León, Castilla-La Mancha y Cataluña.

Dentro del proceso de producción de forraje la mecanización juega un papel fundamental; existen operaciones que requieren una maquinaria específica como son las relacionadas con el proceso de recolección. Las labores más específicas de estos cultivos son las que comienzan con la siega, y es en estas operaciones y en las cadenas de máquinas que se emplean para su ejecución donde se centrará principalmente este artículo. El resto de máquinas utilizadas en las labores de implantación y mantenimiento del cultivo son semejantes a las existentes en cualquier explotación agrícola extensiva.

Dada la importancia de la mecanización de los forrajes, en este artículo se realiza un análisis de los diferentes tipos de labores

culturales y máquinas involucradas en el proceso productivo, detallando las principales características de las mismas.

Cuadro II. Características técnicas de los arados de vertedera

Número de cuerpos	de 1 a 12 (normalmente de 2 a 5)	
Anchura de trabajo de cada cuerpo (cm)		
(se dan los valores extremos)	30	50
Profundidad recomendable (cm)	21	35
Tractor recomendado: potencia nominal por cuerpo en suelos medios (kW/cuerpo)	7-9	18-23
Velocidad de trabajo (km/h)	5-9 (típica 7)	
Rendimiento efectivo (%)	70-90	
Capacidad de trabajo por cuerpo con rendimiento del 80% (ha/h)	0,17	0,3

Cuadro III. Características técnicas de los subsoladores

Número de púas	de 3 a 7
Separación entre púas (cm)	50-100
Anchura de trabajo (cm)	150-700
Profundidad de trabajo (cm)	50-100
Relación profundidad/separación púas	1-1,5 (bota simple) 1,5-2 (bota con aletas)
Tractor recomendado: potencia nominal por púa (kW/púa)	33-40 (profundidad de trabajo de 50 cm) 40-48 (profundidad de 70 cm)
Velocidad de trabajo (km/h)	4-8 (típica 5)
Rendimiento efectivo (%)	70-90
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 80% (ha/h)	0,7-3,4

Cuadro I. Producciones y superficies de forraje en 2004

	Alfalfa	Maíz Forrajero	Veza
Toneladas	12.510.300	3.996.500	938.600
Hectáreas	253.300	90.300	60.700

máquinas mediante una serie de fichas técnicas (**cuadros II al IX**) que permiten fijar unos criterios técnicos a la hora de seleccionar cada una de ellas.

Proceso de recolección

La elección de los equipos que se van a utilizar en la recolección depende del tipo de cultivo y del destino del mismo: ensilado, henificado, deshidratado o consumo en verde.

Adicionalmente hay que considerar otros factores: tamaño de la explotación, tiempo disponible para la recolección, distancias de almacenamiento, requerimientos de almacenamiento, método de alimentación del ganado, etc.

La mayoría de los procesos de recolección, exceptuando algunos casos como por ejemplo la recolección integral que se produce en maíz forrajero, requieren de una cadena de máquinas cuyas capacidades de trabajo deben ser seleccionadas adecuadamente para evitar la formación de cuellos de botella y asegurar un uso óptimo de las mismas.

En líneas generales se pueden establecer cuatro diferentes posibilidades de recolección en función del destino del forraje, las cuales se detallan en el **cuadro X**.

Para poder elegir correctamente la maquinaria, es necesario conocer las características de cada uno de los equipos. Dada la especificidad de este tipo de maquinaria, a continuación se describen brevemente las características técnicas de los diferentes equipos.

Segadoras

Existen fundamentalmente dos tipos de segadoras: alternativas (barra de corte) y rotativas de eje vertical de discos (**foto 1**) y de tambores (**foto 2**). Actualmente, las segadoras rotativas de discos se están imponien-

Cuadro IV. Características técnicas de los cultivadores ligeros

Anchura de trabajo (m)	2-7
Profundidad de trabajo (cm)	5-12
Tractor recomendado: potencia nominal (kW/m)	14-16
Velocidad de trabajo (km/h)	5-11 (típica 8)
Rendimiento efectivo (%)	70-90
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 80% (ha/h)	1,3-4,6

Cuadro V. Características técnicas de las gradas de discos

Anchura de trabajo (m)	Semisuspendidas: 1,8-2,4 Arrastradas: 2,7-8
Profundidad de trabajo (cm)	5-15
Tractor recomendado: potencia nominal (kW/m)	15-26
Velocidad de trabajo (km/h)	5-10 (típica 9)
Rendimiento efectivo (%)	70-90
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 80% (ha/h)	1,3-5,8

Cuadro VI. Características técnicas de los rodillos

Anchura de trabajo (m)	1,5-7
Tractor recomendado: potencia nominal (kW/m)	7-10
Velocidad de trabajo (km/h)	7-12 (típica 10)
Rendimiento efectivo (%)	70-90
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 80% (ha/h)	1,2-5,6

Cuadro VII. Características técnicas de las sembradoras a chorrillo

Anchura de trabajo (m)	2-7
Tractor recomendado: potencia nominal (kW/m)	10-15
Velocidad de trabajo (km/h)	6-10 (típica 8)
Rendimiento efectivo (%)	60-80
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 70% (ha/h)	1,3-4

do frente a las barras guadañadoras, dada su elevada capacidad de trabajo y la posibilidad de incorporar sistemas de acondicionado de rodillos de goma o de dedos (**foto 2**) en el mismo equipo, constituyendo las segadoras-acondicionadoras, muy utilizadas en los

procesos de henificación. Los sistemas de acondicionado de dedos se utilizan cuando el forraje necesita un mayor acondicionado y son más agresivos que los de rodillos.



Foto 1.
Segadora rotativa de discos.
Documentación Vicon.

Los acondicionadores de dedos consumen más potencia que los de rodillos. Dicho incremento de consumo es de aproximadamente 3kW/m de anchura de trabajo. Además, se ven menos afectados por la regulación del sistema de acondicionado que los de rodillos (**figura 1**).

Alternativamente, también se pueden utilizar segadoras rotativas de eje horizontal, conocidas como segadoras de mayales, que se basan en un rotor horizontal con velocidades de giro en torno a 1.000 r.p.m. con cuchillas articuladas en S o en Y que producen un elevado acondicionamiento del forraje.

El **cuadro XI** muestra las principales características de los diferentes tipos de segadoras que sirven como criterio para una adecuada elección del equipo.



Foto 2.
Segadora rotativa de tambores con sistema de acondicionado de dedos. Documentación Pottinger.

Rastrillos

La utilización de rastrillos es fundamental tanto para el acondicionado como para el hilerado del forraje. Los rastrillos rotativos de eje vertical de dientes oscilantes son los más utilizados en el proceso de hilerado (**foto 3**). Normalmente están constituidos por uno o dos rotores con brazos horizontales dispuestos radialmente. Dichos brazos llevan en su extremidad un pequeño peine con cuatro, seis u ocho púas flexibles. Actualmente, en las explotaciones de gran tamaño lo normal es la utilización de rastrillos de doble rotor, con anchuras de trabajo de hasta 7,5 m.

Los rastrillos de discos, dada su robustez y versatilidad, también son utilizados en pequeñas explotaciones. Estos rastrillos muestran una gran fiabilidad dada la ausencia de transmisiones. Sin embargo, presentan problemas de contaminación del forraje y tienen dificultades de trabajo cuando el forraje es muy espeso.

El **cuadro XII** muestra las principales características de los diferentes tipos de rastrillos.

Empacadoras

Podemos elegir entre empacadoras convencionales y empacadoras de grandes pacas (rotoempacadoras o macroempacadoras). La tendencia a la mecanización total de las explotaciones agrícolas, a explotaciones de gran superficie y a la amortización de la maquinaria agrícola mediante un mayor número de horas de uso por campaña ha propiciado que las empacadoras de grandes pacas (rotoempacadoras, **fotos 4 y 5**) hayan sustituido en las explotaciones de gran superficie a las empacadoras convencionales. Dentro de este grupo las macroempacadoras, que permiten conformar pacas prismáticas de más de 1.000 kg, van ganando mercado dado su mayor rendimiento en el transporte y almacenamiento y su menor susceptibilidad a efectos climáticos en parcela. El **cuadro XIII** muestra las características principales de los diferentes tipos de empacadoras.



Foto 3.
Rastrillo hilerador con dos rotores. Documentación Kuhn.

Cuadro VIII. Características técnicas de las abonadoras

Tipos	Centrífuga	Tornillo sin-fin	Neumática
Anchura de trabajo (m)	9-32	6-12	9-14
Tractor recomendado: potencia nominal (kW)	30-80	55-65	50-60
Velocidad de trabajo (km/h)	8-16 (típica 11)		
Rendimiento efectivo (%)	6	0-75	
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 70% (ha/h)	6,9-20		

Cuadro IX. Características técnicas de los pulverizadores

Anchura de trabajo (m)	6-36
Tractor recomendado: potencia nominal (kW)	60-120
Velocidad de trabajo (km/h)	5-9
Rendimiento efectivo (%)	60
Capacidad de trabajo, con rendimiento del 60% (ha/h)	3,5-10

Las máquinas encintadoras (**fotos 6 y 7**) se pueden utilizar junto con empacadoras de grandes pacas para formar microsilos

constituidos por pacas encintadas con film plástico. Estas máquinas han mejorado su técnica, permitiendo no sólo el encintado de pacas cilíndricas, sino también el encintado de grandes pacas rectangulares. Actualmente existen en el mer-

cado rotoempacadoras con encintadora incorporada, de forma que el proceso de encintado se lleva a cabo en la propia cámara de la empacadora.

Remolques autocargadores

Se utilizan para la alimentación en verde del ganado y para transporte del forraje (**foto 8, cuadro XIV**). Destacan por su alta capacidad de carga (entre 10 y 16 t) y por la posibilidad de incorporar sistemas de picado situados después del recogedor. Para distancias de desplazamiento cortas (en torno a 20 km) se plantean como una alternativa válida a la cosechadora autopropulsada cuando no hay requerimientos de longitudes de picado pequeñas.

Fotografías, de arriba a abajo.

Foto 6. Encintadora.
Documentación Kverneland.

Foto 7. Encintadora con enganche frontal.
Documentación Lely.

Foto 8. Remolque autocargador.
Documentación Pottinger.



Foto 4 (izda.).
Rotoempacadora de cámara fija.
Documentación John Deere.

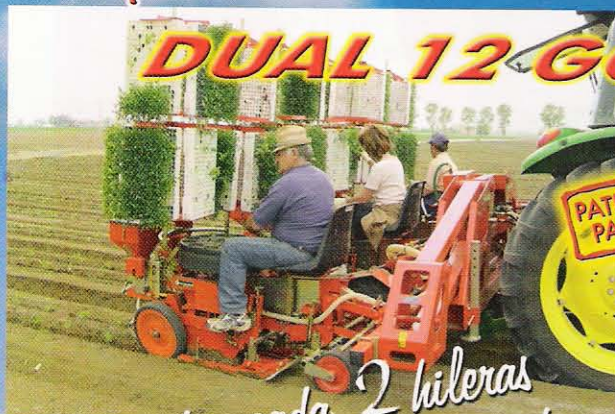
Foto 5 (dcha.).
Rotoempacadora de cámara variable.
Documentación Krone.





La Agricoltura de Calidad parte de las raíces

DUAL 12 GOLD



PATENTADO
PATENTED

1 Operador cada 2 hileras
50% menos de mano de obra

PATENTADO
PATENTED

NOVEDAD 2004
NEWS 2004

TOP 24



1 Operador cada hilera



TRIUM

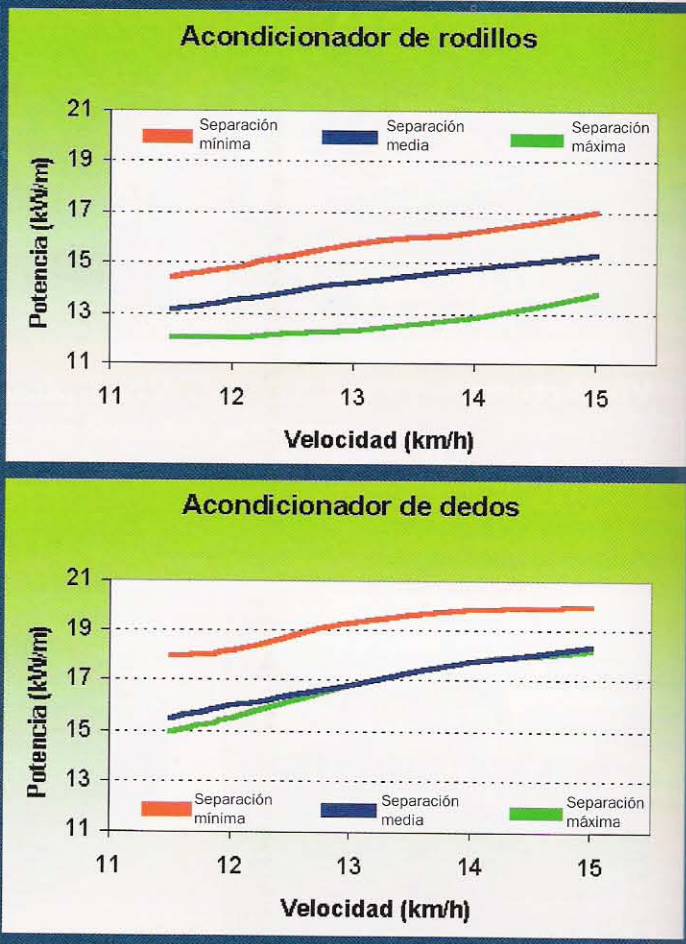
Tecnologías para horticultura

PREGUNTEN NUESTRO CATALOGO:

ACOLCHADORAS • TRASPLANTADORAS TAMBIEN COMBINADAS
ENTABLONADORAS • PLANTADORAS DE PAPAS • APORCADORES
ARRANCADORAS DE PAPAS

Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA
Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611
www.checchiemagli.com info@checchiemagli.com

Figura 1. Potencia consumida por los diferentes tipos de acondicionadores



Cuadro X. Cadenas de recolección en cultivos forrajeros

Cadena de recolección	Destino del forraje	Maquinaria
1. Siega-picado-carga	Consumo en verde	Segadora-rastrillo hilerador-remolque autocargador con sistema de picado
2. Siega-acondicionado-empacado	Henificación (15-20% humedad)	Cosechadora de forraje-remolque Segadora acondicionadora-rastrillo volteador-rastrillo hilerador-empacadora
3. Siega-acondicionado-picado-carga	Ensilado (60-75% humedad)	a) Segadora acondicionadora-rastrillo hilerador-remolque autocargador b) Segadora acondicionadora-rastrillo hilerador-empacado-encintado (microsilos) c) Cosechadora de forraje-remolque
4. Siega-transporte	Deshidratado	a) Segadora-rastrillo hilerador-industrial remolque autocargador b) Cosechadora de forraje-remolque

Estas máquinas han experimentado un gran auge en el cultivo de la alfalfa debido a la importancia que el deshidratado industrial ha adquirido durante los últimos años, fruto de la aplicación de la PAC. En este sentido, las empacadoras han visto

reducida drásticamente su cuota de mercado a favor de los remolques autocargadores para los cultivos cuyo destino es el deshidratado industrial.

Cosechadoras de forraje

Las picadoras de forraje, también llamadas cosechadoras de forraje, realizan la siega y picado del forraje en una sola operación, con el objetivo de producir forraje para ensilado (aunque también se pueden utilizar en procesos de deshidratado y alimentación en verde). Las cosechadoras pueden ser arrastradas o automotrices, siendo estas últimas las más sofisticadas.

En función del sistema de picado, las cosechadoras de forraje se pueden resumir en dos grupos: de mayales y de precisión. Estas últimas son las más conocidas, ya que engloban a las grandes cosechadoras autopropulsadas.

En el **cuadro XV** se indican las características de los diferentes tipos de cosechadoras de forraje. Analizando más en detalle las grandes cosechadoras autopropulsadas (**foto 9**), hay que destacar que constituyen la máquina estrella del proceso de recolección de forrajes, pensadas para grandes explotaciones y producciones. Destacan por su capacidad de trabajo, versatilidad e innovaciones técnicas, si bien presentan el inconveniente de su elevado pre-

Foto 9. Cosechadora de forraje autopropulsada con cabezal recogedor de hierba. Documentación New Holland.



Cuadro XI. Características principales de los diferentes tipos de segadoras

Características	Barra de corte		Rotativas	
	De cuchilla sencilla	De doble cuchilla	De eje vertical	De eje horizontal
Velocidad de trabajo (km/h)	4-7	6-12	10-16	5-10
Anchura de trabajo (m)	1,5-1,8	1,5-2,2	1,2-3	1,2-3
Capacidad de trabajo (ha/h)	0,5-1	0,7-2	0,8-4	0,4-2,5
Potencia necesaria (kW)	8-20	15-35	20-70	20-70
Calidad del corte	Buena	Muy buena	Media	Mala
Contaminación con tierra	Baja	Baja	Media	Alta
Mantenimiento	Alto	Alto	Bajo	Muy bajo

Cuadro XII. Características principales de los diferentes tipos de rastrillos

Características	Horquillas inclinadas	Horquillas horizontales	Peines oscilantes	Soles
Anchura útil (m)	2,2-10	2,9-3,3	2,5-7,5 (15)	2-7,7
Velocidad (km/h)	8-15	12	12	7-15
Capacidad trabajo efectiva (ha/h)	1,5-6,5	1,8-2,5	1,9-6,5	1,5-5,6
Número rotores	2, 4, 6, 8	2	1, 2, 4	3-10
Brazos por rotor	4, 6, 8	6, 8, 10	6-13	-
Acción mecánica	media	media	baja	Baja
Contaminación del forraje	baja	baja	baja	media

Cuadro XIII. Características principales de los diferentes tipos de empacadoras

Características	Convencionales	Roto-empacadoras	Macro-empacadoras
Pistón	Rectilíneo	Presión por resorte	Rectilíneo
Canal (cm)			
Anchura/diámetro	40-60	60-180	80-120
Altura	30-45	100-150	45-130
Velocidad (km/h)	3-7	5-8	5-8
Capacidad de trabajo (ha/h)	1,5-2	2-3	2-3
Peso paca (kg)	12-50	150-250 (paja) 250-350 (heno) 400-700 (silo)	150-400 (paja) 250-650 (heno) 350-800 (silo)
Potencia tractor (kW)	35	60	35
Sistema de atado	Sisal	Sisal Malla Film	Sisal

cio. La posibilidad de adaptar diferentes cabezales proporciona gran versatilidad de trabajo. Podemos disponer de cabezales recogedores de hierba (pick up's) (**foto 9**), cabezales para la siega de cereales y/o leguminosas, cabezales para maíz y cabezales de discos rotativos (**foto 10**) que permiten realizar la recolección independientemente de la disposición

de las hileras de forraje. Incorporan motores de gran potencia (hasta 450 kW) y recientemente han aparecido en el mercado modelos capaces de alcanzar velocidades de hasta 40 km/h en carretera.

Criterios de elección de la maquinaria

A la hora de seleccionar un determinado tipo de maquinaria, es necesario evaluar la capacidad de trabajo que requeriremos de la misma. Este hecho vendrá marcado por las características de la explotación y la disponibilidad horaria para el



Foto 10. Cabezal multilinea de discos rotativos. Documentación Claas.

uso de la máquina. No obstante, en procesos como la recolección de forraje en que se utilice una cadena de máquinas, las características de una máquina condicionarán a las de la siguiente. Así, por ejemplo, si consideramos la elección de un rastrillo hilerador, su anchura de cordón debe estar acorde con la de la empacadora o remolque autocargador que se usará a continuación. Por ejemplo, en

Cuadro XIV. Características técnicas de los remolques autocargadores

Anchura recogedor (m)	1,6-1,8
Capacidad (m³)	15-50
Longitud de picado (cm)	4-25
Potencia requerida en tractor (kW)	37-118
Velocidad fondo móvil (m/min)	12,5

Cuadro XV. Características técnicas de las cosechadoras de forraje

Características	Mayales	Doble corte	Precisión
Anchura trabajo (m)	1,0-1,5	1,35-1,8	Recogedor: 1,4-4,4 Corte: 2,4-5,1 Maíz: 2-6 líneas Multilínea: 6 m
Velocidad giro picador (r/min)	1.000-1.700	1.000	850-1.300
Velocidad trabajo (km/h)	3-7	4-6	Hasta 12
Capacidad de trabajo (ha/h*m)	0,2-0,4	0,2-0,4	30-40 t/h y línea Hasta 10 ha/h hierba
Longitud picado (mm)	50-170	5 (irregular)	5
Potencia (kW)	30-35	40-45	40-54 kW/línea
Adaptación maíz	Mala	Mala	Buena

Cuadro XVI. Ensayo comparativo de segadoras

SEGADORA	SD1	SD2	SD3	SD4
Anchura trabajo (m)	2,6	3,0	6,0	8,3
Precio de venta (euros)	6.862	11.025	24.780	48.375
Precio (euros/m)	2.640	3.675	4.125	5.827

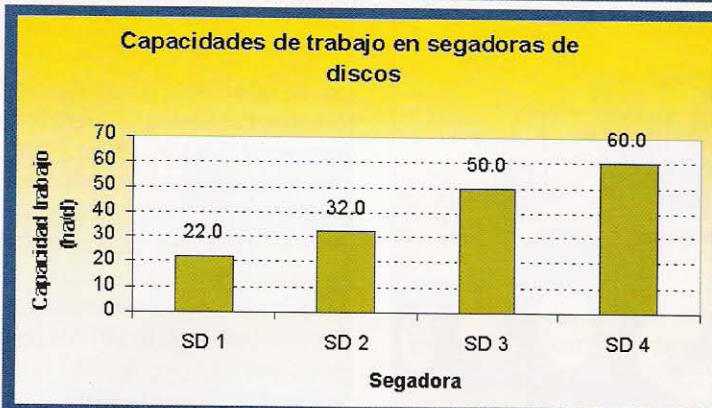
un sistema de riego con cobertura total, las anchuras de trabajo de las segadoras deben estar moduladas en función de los marcos de riego para evitar solapes entre pasadas. Y, como es lógico, uno de los parámetros fundamentales a la hora de seleccionar una máquina es el precio. Pero el precio no puede ser analizado como un factor aislado sino que debe ser considerado junto con la capacidad de trabajo de la máquina y las horas previsible de uso de la misma.

Como ejemplo se muestra un ensayo realizado con cuatro segadoras de disco de diferentes anchuras de trabajo sobre 1.600 ha de hierba en Reino Unido, considerando una jornada de diez horas de trabajo y un rendimiento del 70% en la ope-

ración de siega (cuadro XVI).

La **figura 2** muestra cómo la capacidad de trabajo de las diferentes segadoras aumenta con la anchura de trabajo, al igual que el

Figura 2. Capacidades de trabajo de diferentes segadoras de discos.



Cuadro XVII. Costes

COSTES DEL AÑO DE IMPLANTACIÓN

Labores	
Labor profunda	2 h/ha
Pase de cultivador	1 h/ha
Abonado	0,3 h/ha
Pase de cultivador+rodillo	0,7 h/ha
Siembra	1 h/ha
TOTAL	5 h/ha
COSTE	5 h/ha x 22,4 €/h = 112 €/ha

Mano de obra	
Tractorista	5 h/ha
COSTE	5 h/ha x 11 €/h = 55 €/ha

COSTES DE UN AÑO DE PLENA PRODUCCIÓN

Labores	
Abonado (x 2)	0,6 h/ha
Tratamiento insecticida (x 3)	0,9 h/ha
Siega e hilerado	6,5 h/ha
TOTAL	8 h/ha
COSTE	8 h/ha x 22,4 €/h = 179,2 €/ha
Carga y transporte	12.500 kg/ha
COSTE	12.500 kg/ha x 0,018 €/kg = 225 €/ha
Mano de obra	
Tractorista	8 h/ha
COSTE	8 h/ha x 11 €/h = 88 €/ha

precio por metro de anchura de la máquina. En este sentido, el comprador debe valorar detenidamente si el aumento en capacidad de trabajo supone un coste horario de la máquina más bajo a pesar de tener un precio de adquisición más elevado.

Como ejemplo de costes de producción de cultivos forrajeros, en el **cuadro XVII** se incluye una aproximación al coste de mecanización del cultivo de la alfalfa. Di-

cha estimación está basada en el estudio realizado por AEA ASAJA Huesca (Arnal, 2001). Se considera una sucesión de labores típica en la provincia de Huesca. El coste horario de la maquinaria fue calculado con un tractor de una potencia de 120 CV, su coste medio se ha actualizado a 0,16 €/CV, lo que supone 19,2 €/h. Del mismo modo, la actualización del coste horario de las máquinas se ha fijado en 3,2 €/h. Otros costes considerados han sido el precio de la mano de obra (11 €/h), y la contratación de las labores de carga y transporte (0,018 €/kg). Se estima una producción de 12.500 kg/ha. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Arnal, P. 2001. **Estudio económico del cultivo de la alfalfa**. Asociación empresarial agropecuaria ASAJA Huesca.
- Ortiz-Cañavate, J. 2003. **Las máquinas agrícolas y su aplicación**. 6ª edición. MundiPrensa.
- Márquez, L. 2001. **Maquinaria para la preparación del suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización**. B&H Editores.